

Dr inż. Roman Szewczyk , mgr inż. Katarzyna Rzeplińska, mgr inż. Wojciech Winiarski, mgr inż. Andrzej Bratek, Dr inż. Artur Wiczyński, inż. Piotr Dopierała, mgr inż. Arkadiusz Perski, mgr inż. Jacek Mickiewicz

Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów „PIAP”

Al. Jerozolimskie 202

02-486 Warszawa

ROZPROSZONY SYSTEM AUTOMATYCZNEGO MONITOROWANIA POZIOMU WÓD GRUNTOWYCH NA TERENIE POŁUDNIOWEGO WYBRZEŻA HISZPANII

STRESZCZENIE

W referacie przedstawiono nowe rozwiązania techniczne przeznaczone do realizacji systemów monitoringu zasobów wód gruntowych. Ponieważ monitoringiem takim muszą być objęte duże obszary, konieczne jest zastosowanie w nim nowoczesnych rozwiązań z zakresu automatyki przemysłowej w szczególności rozproszonych systemów kontrolno-pomiarowych. Ponadto, aby zapewnić odpowiedni poziom niezawodności takiego systemu konieczne jest zastosowanie wielomodowej transmisji danych, która integruje transmisje satelitarną oraz transmisje poprzez sieć telefonii komórkowej i Internet. W referacie podano także przykładowe rozwiązanie systemu monitoringu zasobów wód gruntowych.

ABSTRACT

In this paper are presented new technical solutions destined for realization monitoring systems of soil water resources. Such kind of monitoring should be able to work on large areas, from this reason is necessary to use modern solutions for industrial automation as special as diffusion control -measuring systems. Besides this, for assurance of reliability of this system, is necessary to use multimodal data transmission method, which can integrate satellite transmission with cell phone network and Internet. In this paper are presented also examples of solutions for monitoring systems of soil water resources.

1. WSTĘP

Zapewnienie zrównoważonego zarządzania zasobami wodnymi na terenach rolniczych wymaga nie tylko odpowiednich regulacji prawnych, lecz także skutecznych narzędzi technicznych umożliwiających monitorowanie poziomu zasobów wód gruntowych na terenach rolniczych. Monitorowanie to ma szczególne znaczenie na wybrzeżu, gdzie nadmierna eksploatacja wód gruntowych może doprowadzić do intruzji stoney wody i poważnych szkód ekologicznych.

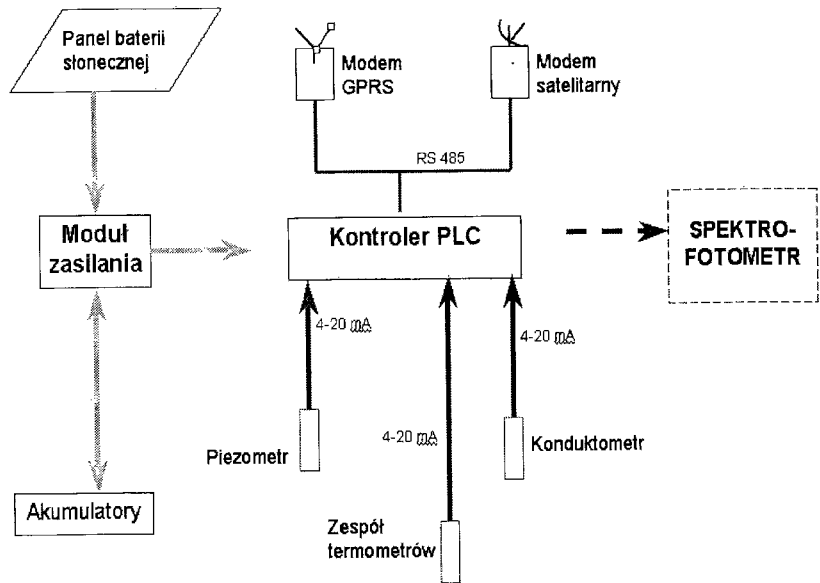
Ze względu na uwarunkowania klimatyczne systemy monitorowania zasobów wód gruntowych na terenach rolniczych mają oczywiste znaczenie krajach południa Unii Europejskiej, takich jak Hiszpania czy Włochy. Jednak problemy związane z ograniczeniem dostępności do zasobów wodnych dotyczą w zasadzie całego kontynentu europejskiego. Z punktu widzenia legislacyjnego zarządzanie zasobami wodnymi regulują przede wszystkim dyrektywy Unii Europejskiej dotyczące Polityki Wodnej [2000/60 CE (Ecoj 22 Dec 2000)], a w szczególności „Zintegrowane zużycie zasobów wodnych” jak również aneks V „Woda gruntowa: monitoring” oraz deklaracja Ministerialnej Rady Bezpieczeństwa Wodnego w XXI Wieku (Druga Światowa Konferencja dotycząca Wody, maj 2000, Haga, Holandia). Jednak działania legislacyjne muszą być powiązane z budową zintegrowanych systemów technicznych wspierających zarządzanie zasobami wody gruntowej. Z tych właśnie powodów w budżecie Komisji Europejskiej zarówno w 6-tym Programie Ramowym, jak i w planowanym 7-mym Programie ramowym przeznaczono znaczne środki finansowe na opracowanie nowoczesnych rozwiązań technicznych dla monitoringu zasobów wodnych. Spowodowało to silną intensyfikację zarówno prac w obszarze badań stosowanych jak i prac techniczno wdrożeniowych związanych z rozwojem tego typu telemetrycznych systemów monitoringu.

2. OPIS OPRACOWANEGO ROZWIĄZANIA SYSTEMU MONITORINGU

Już uproszczona analiza wymagań wskazuje, że do skutecznego zarządzania zasobami wód gruntowych (opartego na modelu geofizycznym) potrzebne są informacje o poziomie wód gruntowych, jej temperaturze oraz konduktywności. Konduktywność jest szczególnie ważna na terenach nadmorskich, ponieważ dostarcza informacji o ewentualnych intruzjach wody morskiej.

Uproszczony schemat modułu telemetrycznego przeznaczonego do monitorowania poziomu wód gruntowych został przedstawiony na rysunku 1.

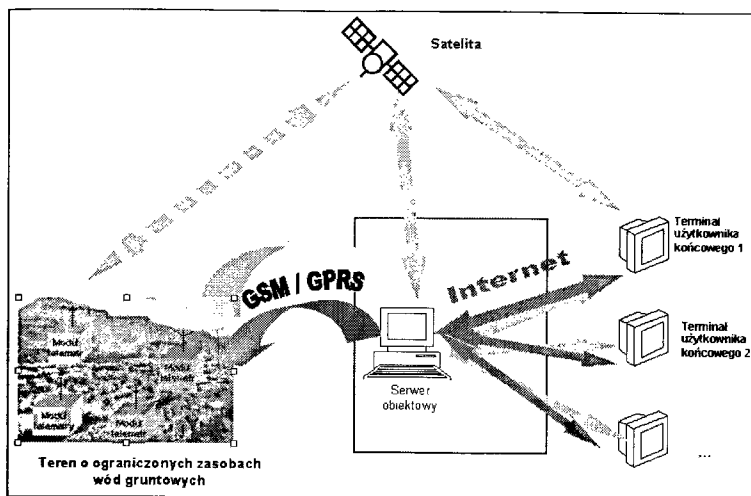
Dane z przetworników pomiarowych rozmieszczonych w odwiertach lub studniach na monitorowanym obszarze są zbierane za pomocą modułu telemetrycznego wyposażonego w sterownik przemysłowy PLC, który odczytuje wartości mierzonych parametrów (w tym poziomu, konduktywności i temperatury wody) oraz wprowadza ewentualne poprawki. W opracowanym module mogą być wykonywane także pomiary spektrofotometryczne, których zadaniem jest zidentyfikowanie cząstek i stężeń pierwiastków występujących w pobranej do badań próbce wody. Następnie zebrane dane są przesyłane do komputera nadrzędnego (stacji SCADA) poprzez sieć telefonii komórkowej (w trybie GSM/GPRS) lub jeśli sieć telefoniczna jest niedostępna - łączem satelitarnym. Całość modułu telemetrycznego jest zasilana z akumulatora lub może być zasilana z baterii słonecznej, co znacznie podnosi niezawodność systemu. Zbieranie danych pomiarowych następuje w stałych odstępach czasu, jak również istnieje możliwość pomiaru na „żądanie” w momencie zaistnienia takiej konieczności.



Rys.1. Moduł telemetryczny zastosowany w monitoringu zasobów wód gruntowych

3. TRANSMISJA DANYCH W SYSTEMIE MONITORINGU WÓD GRUNTOWYCH

Praktyczna analiza niezawodności wykazała, że podsystem transmisji danych jest najbardziej podatnym na uszkodzenia elementu systemem monitoringu poziomu wód gruntowych. Dlatego obiektowy moduł pomiarowy został zaopatrzony w dwa niezależne systemy transmisji danych: transmisję pakietową w sieci GSM (GPRS), oraz transmisję satelitarną w sieci Inmarsat D+. Schemat ideowy działania systemu monitoringu został przedstawiony na rysunku 2.



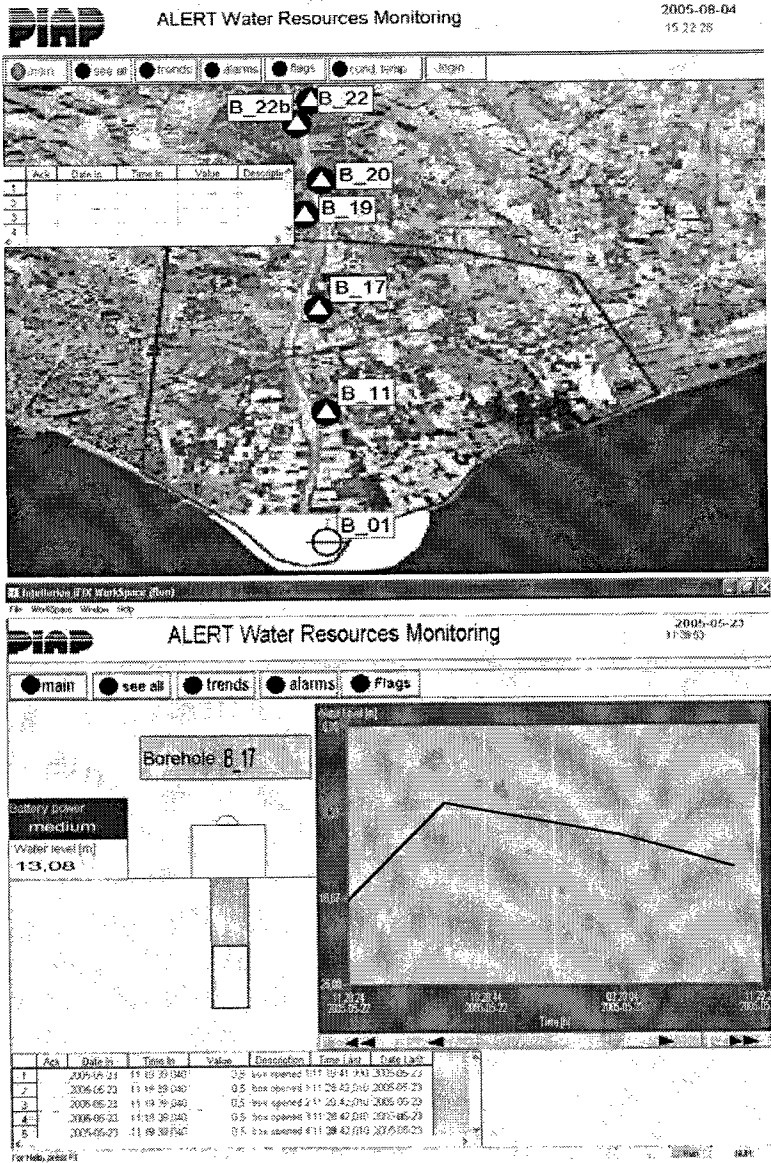
Rys 2. Schemat systemu komunikacji pomiędzy terenem badanym a użytkownikiem końcowym.

System monitoringu funkcjonuje głównie w oparciu o transmisje GSM/ GPRS, ponieważ jest on systemem tanim i niezawodnym. W rzadkich przypadkach zawadności systemu GSM/ GPRS uruchomiony zostanie system satelitarny. Obydwa moduły mają za zadanie transmisje danych z terenu do serwera obiektowego, na którym jest zainstalowane oprogramowanie typu SCADA (ang. *Supervisory Control And Data Acquisition*), które umożliwi sprawną wizualizację, archiwizowanie oraz raportowanie przesyłanych danych [5]. Z serwera obiektowego sprawozdania oraz raporty są wysyłane za pośrednictwem Internetu do użytkownika końcowego (np. samorządu lokalnego), który ma możliwość na bieżąco obserwować stan wód gruntowych na badanym terenie. Przykładowe ekrany sterowania i analizy danych systemu zarządzania zasobami wodnymi przedstawiono na rysunku 3.

Zaletą takiego systemu jest niezawodność i niskie koszty eksploatacji wynikające z faktu, że w systemie najczęściej używana jest tania transmisja przez sieć telefonii komórkowej GSM oraz przez Internet, zaś transmisja satelitarna wykorzystywana jest jedynie w stosunkowo rzadkich stanach awaryjnych systemu. Ponadto wszystkie istotne parametry związane z zasobami wody mogą być obserwowane przez naukowców znajdujących się często w innym rejonie Europy. Dane pomiarowe mogą być archiwizowane, co stwarza możliwość poddania ich obróbce statystycznej oraz tworzenie rzetelnych raportów. [6] Otwiera to nowe możliwości obiektywnej weryfikacji opracowanych strategii zarządzania zasobami wodnymi.

Monitoring wspomagany komputerowo umożliwia włączenie danych pomiarowych oraz raportów statystycznych do zintegrowanego systemu zarządzania środowiskiem i zasobami naturalnymi. Dzięki temu znaczna część procesu decyzyjnego może zostać zautomatyzowana, co umożliwi powiązanie reakcji systemu z wyrafinowanym procesem decyzyjnym.

Ponieważ, jak wspomniano powyżej, transmisja danych jest jednym z najważniejszych elementów systemu monitoringu, należy uświadomić sobie wady i zalety każdej z dostępnych metod.



- Rys 3. Ekran sterowania i analizy danych systemu zarządzania zasobami wodnymi:
- widok ogólny rozmieszczenia punktów pomiarowych (rejon Almerii w Południowej Hiszpanii),
 - ekran danych statystycznych poziomu wody w jednym z odwiertów.

3.1. Transmisja GSM/GPRS

System transmisji danych dostępny w sieciach telefonii komórkowej polega na tym, że dane użytkownika są dzielone na pakiety przesyłane w kanale transmisyjnym (w rzeczywistości składającym się z 8 szczelin czasowych), do którego użytkownik ma stały, lecz nie wyłączny dostęp. Pozwala to na efektywniejsze wykorzystanie łącza i naliczanie przez operatora opłat w funkcji faktycznej ilości przesłanych danych.

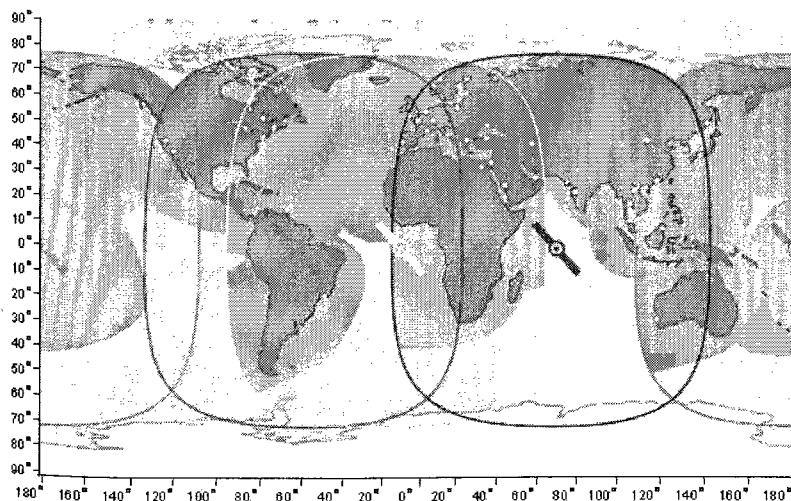
Usługa ta jest zoptymalizowana dla użytkowników mobilnych korzystających głównie z zasobów stacjonarnych sieci Internet. Powoduje to, że poza wymienionymi powyżej zaletami ma niestety dość poważne wady w przypadku stosowania jej do aplikacji telemetrycznych.

Pozostałe zalety bezprzewodowej transmisji danych to: elastyczność, nieograniczony zasięg, co daje ogromne możliwości, niskie koszty eksploatacji (koszt jest taki sam w przypadku 20km odległości, jak i dla 100km), niezawodność systemu pod warunkiem nieograniczonego zasięgu operatora. Do wad należy zaliczyć fakt, że niektóre tereny nieurbanizowane nie są pokryte przez sieć GSM.

3.2. Satelitarna transmisja danych

Satelitarna transmisja danych jest oparta na kilku satelitach przebywających na orbicie okołoziemskiej [4]. Całodobową komunikacja pomiędzy każdymi dwoma punktami na Ziemi zapewniając już trzy satelity, położone w odległości kątowej 120° i wysokości 35 800 km.

Na dzień dzisiejszy można stwierdzić, że satelitarna transmisja danych z pewnością należy do najmniej zawodnych. Rysunek 4 przedstawia zasięg aktualnie pracujących satelitów. Wynika z niego że zasięg satelitarnej transmisji danych pokrywa całą Europę.



Rys.4. Zasięg działania satelity INMARSAT

Niezaprzeczalny jest fakt wysokiej ceny za użytkowane systemu satelitarnego, lecz biorąc pod uwagę jego niezawodność, jest to cena akceptowalna. W zintegrowanym

systemie monitoringu zasobów wód gruntowych system satelitarny ma rolę „ratującą” system w momencie zaniku sieci GSM, więc udział kosztów jest proporcjonalny do czasu pracy modułu satelitarnego.

3.3. Internetowa transmisja danych

Internetowa transmisja danych jest tania, szybka i niezawodna z każdego miejsca na ziemi. Jest również łatwa w użyciu dla potencjalnego użytkownika końcowego, oczywiście pod warunkiem istnienia odpowiedniej infrastruktury kablowej. Z tego też powodu transmisja danych przez Internet jest zastosowana wyłącznie na odcinku pomiędzy serwerem obiektowym, a pracującym zdalnie użytkownikiem końcowym. W tym przypadku ta droga transmisji daje niezastąpione i elastyczne możliwości prezentacji wyników, także dzięki możliwości przedstawienia agregowanych danych w każdej przeglądarce stron www. Dane te mogą być także w prosty i standardowy sposób przeniesione do arkusza kalkulacyjnego Excel, co ułatwia ich analizę i obróbkę statystyczną.

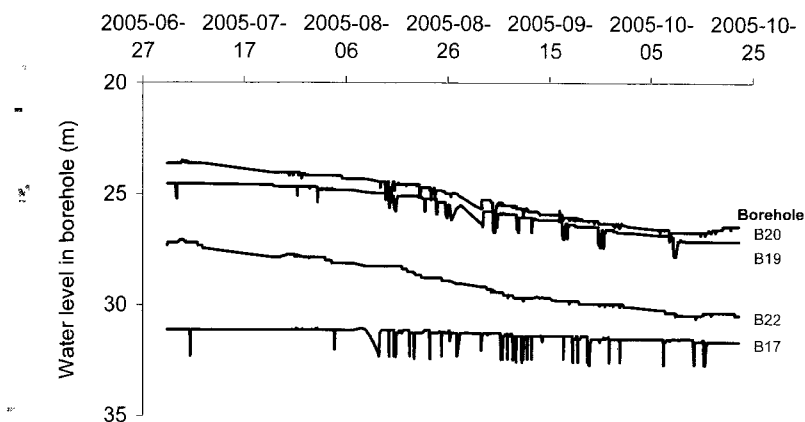
DateTime	B_01 [m]	B_11 [m]	B_17 [m]	B_19 [m]	B_20 [m]	B_22 [m]	B_22b [m]	B [mS/cm]	B [°C]
2005-07-01 18:56:36	4.99	20.43	31.12	24.55	23.64	28.43	27.33	3.61	19.89
2005-07-01 19:06:37	5.00	20.43	31.12	24.55	23.64	28.56	27.33	3.61	19.93
2005-07-01 19:17:37	5.00	20.43	31.12	24.55	23.64	28.56	27.29	3.61	19.93
2005-07-01 21:04:28	4.99	20.43	31.12	24.55	23.64	28.56	27.20	3.61	19.94
2005-07-02 00:06:18	4.98	20.41	31.12	24.55	23.64	28.43	27.20	3.62	19.87
2005-07-02 03:06:53	4.99	20.41	31.12	24.55	23.64	28.43	27.20	3.60	19.95
2005-07-02 06:08:23	5.01	20.41	31.12	24.55	23.64	28.43	27.20	3.61	19.91
2005-07-02 08:05:53	5.01	20.41	31.12	24.55	23.64	28.56	27.20	3.61	19.94
2005-07-02 08:58:53	5.01	20.40	31.12	24.55	23.64	28.56	27.20	3.61	19.91
2005-07-02 09:09:53	5.01	20.40	31.12	24.55	23.64	28.56	27.20	3.61	19.91
2005-07-02 10:02:53	5.01	20.40	31.12	24.55	23.64	28.56	27.20	3.60	19.90
2005-07-02 11:06:53	5.01	20.40	31.12	24.55	23.64	28.56	27.20	3.60	19.93
2005-07-02 12:00:23	5.01	20.40	31.12	24.55	23.64	28.56	27.20	3.59	19.95
2005-07-02 12:10:53	5.01	20.44	31.12	24.55	23.64	28.56	27.20	3.59	19.95
2005-07-02 13:04:23	4.99	20.41	31.12	24.55	23.64	28.56	27.20	3.60	19.92
2005-07-02 14:08:23	4.99	20.41	31.12	24.55	23.64	28.56	27.20	3.59	19.98
2005-07-02 16:05:53	4.99	20.43	31.12	24.55	23.64	28.56	27.20	3.60	19.94
2005-07-02 16:58:53	4.99	20.43	31.12	24.55	23.64	28.56	27.20	3.60	19.94
2005-07-02 17:09:53	4.99	20.43	31.12	24.55	23.64	28.56	27.20	3.59	19.95
2005-07-02 17:20:23	4.99	20.43	31.12	24.55	23.64	28.56	27.20	3.59	19.95
2005-07-02 19:06:53	5.01	20.44	31.12	24.55	23.64	28.43	27.20	3.59	19.94
2005-07-02 21:04:23	5.01	20.43	31.12	24.55	23.64	28.43	27.20	3.59	19.97
2005-07-03 00:05:53	4.99	20.42	31.12	24.55	23.64	28.56	27.20	3.59	19.98
2005-07-03 03:06:53	4.98	20.43	31.12	24.55	23.64	28.56	27.20	3.59	19.96
2005-07-03 03:17:53	4.98	20.43	31.12	24.55	23.64	28.56	27.20	3.59	19.96
2005-07-03 06:09:23	5.01	20.44	31.12	24.55	23.64	28.43	27.20	3.60	19.93

Rys. 5. Wyniki pomiarów poziomu wód gruntowych dostępne jako dane na stronie www

4. WYNIKI POMIARÓW PILOTOWYCH W POŁUDNIOWEJ HISZPANII

Na rysunku 6 przedstawiono wyniki pilotowych pomiarów w odwiertach rozmieszczonych w zlewni rzeki Andarax w Południowej Hiszpanii. Na wykresie integrującym dane pomiarowe z trzech miesięcy widać, że wahania poziomu wody podlegają zarówno

długookresowemu cyklowi związanemu z porami roku, jak i krótkookresowym zmianom związanym z pompowaniem wody gruntowej do celów rolniczych.



Rys. 6. Wyniki pomiarów poziomu wód gruntowych dostępne jako dane na stronie

Powyższe wyniki potwierdzają poprawną pracę systemu w dłuższym czasie. Ponadto z analizy statystycznej wyników pomiarów stwierdzono, że niepewność wskazań modułów pomiarowych w odniesieniu do pomiaru poziomu wody gruntowej jest mniejsza od rozdzielczości przetwornika pomiarowego. Ta właściwość upraszcza proces analizy metrologicznej wyników pomiarów.

5. PODSUMOWANIE

Opracowany system do monitoringu zasobów wód gruntowych potwierdził swoją przydatność zarówno z punktu widzenia parametrów funkcjonalnych jak i wybranych parametrów metrologicznych. Z tego względu jest przydatnym narzędziem, które może znaleźć zastosowanie w badaniach hydrologicznych i zarządzaniu zasobami wodnymi nie tylko na Południu Hiszpanii.

Należy podkreślić, że zintegrowane systemy monitoringu zasobów wód gruntowych na terenach rolniczych mogą przynieść wymierne korzyści zarówno społeczne jak i ekonomiczne. Dlatego należy spodziewać się dalszego, intensywnego rozwoju technologii z nimi związanych. Rozwój ten będzie w dużej mierze finansowany ze środków Komisji Europejskiej. W trakcie projektowania i eksploatacji systemu monitoringu zasobów wód gruntowych szczególną uwagę należy zwrócić na poprawny dobór metodyki transmisyjności danych, ponieważ to on decyduje (w głównej mierze) o niezawodności systemu.

Praca została zrealizowana w ramach projektu współfinansowanego przez Komisję Europejską (kontrakt nr GOCE-CT-2004-505329)

6. LITERATURA

- [1] R. Szewczyk, W. Winiarski, Nadzór sieci rurociagowej przy pomocy telefonii komórkowej GSM, Rurociagi 4/2001, str. 35-36
- [2] A. Simmonds, Data Communications and Transmission Principles – An Introduction, MacMillan Press, 1997
- [3] T. Parker, M. Sportack TCP/IP Księga eksperta, Helion, Warszawa 2000
- [4] A. Wiczyński, A. Bienias, J. Jabłkowski, S. Kaczanowski, R. Karasiński, A. Majewski, J. Mickiewicz, Integration and Comparison of Mobile Radiocommunication solutions : EUTELTRACS, INMARSAT-C, - D+ and GSM for hazardous goods Monitoring over the east-west transport corridors in Europe, materiały konferencji „AUTOMATION, 99” str. 286-293
- [5] V.T Chow, D. R. Maidment, L. W. Mays, Applied Hydrology, McGraw-Hill Science/Engineering/Math, 1988
- [6] D. Maidment, D. Djokic, Hydrologic and Hydraulic Modeling Support with Geographic Information Systems, Esri Press, 2000